



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

Contaminantes de Agua Residual

Química Ambiental

Maestría en Ciencias Ambientales

M. en C. A. Ana Elisa Alcántara Valladolid

Septiembre 2019

Contenido



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27



28



29



30



31



32



33



34



35



36



37



38



39



40

Guía del Usuario

- El material didáctico presentado tiene como objetivo que el alumno conozca las bases teóricas de los diferentes contaminantes de las aguas residuales.
- Mostrar los conocimientos mínimos necesarios para poder identificar el origen, sus características de los contaminantes en el agua residual.
- Esta guía tiene la intención de facilitar la exposición y comprensión de este tema, auxiliándose de imágenes y figuras sencillas pero de alto contenido.

COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales contienen aproximadamente un 99.9% de agua y el resto está constituido por materia sólida.

Los residuos sólidos están conformados por materia mineral y materia orgánica.

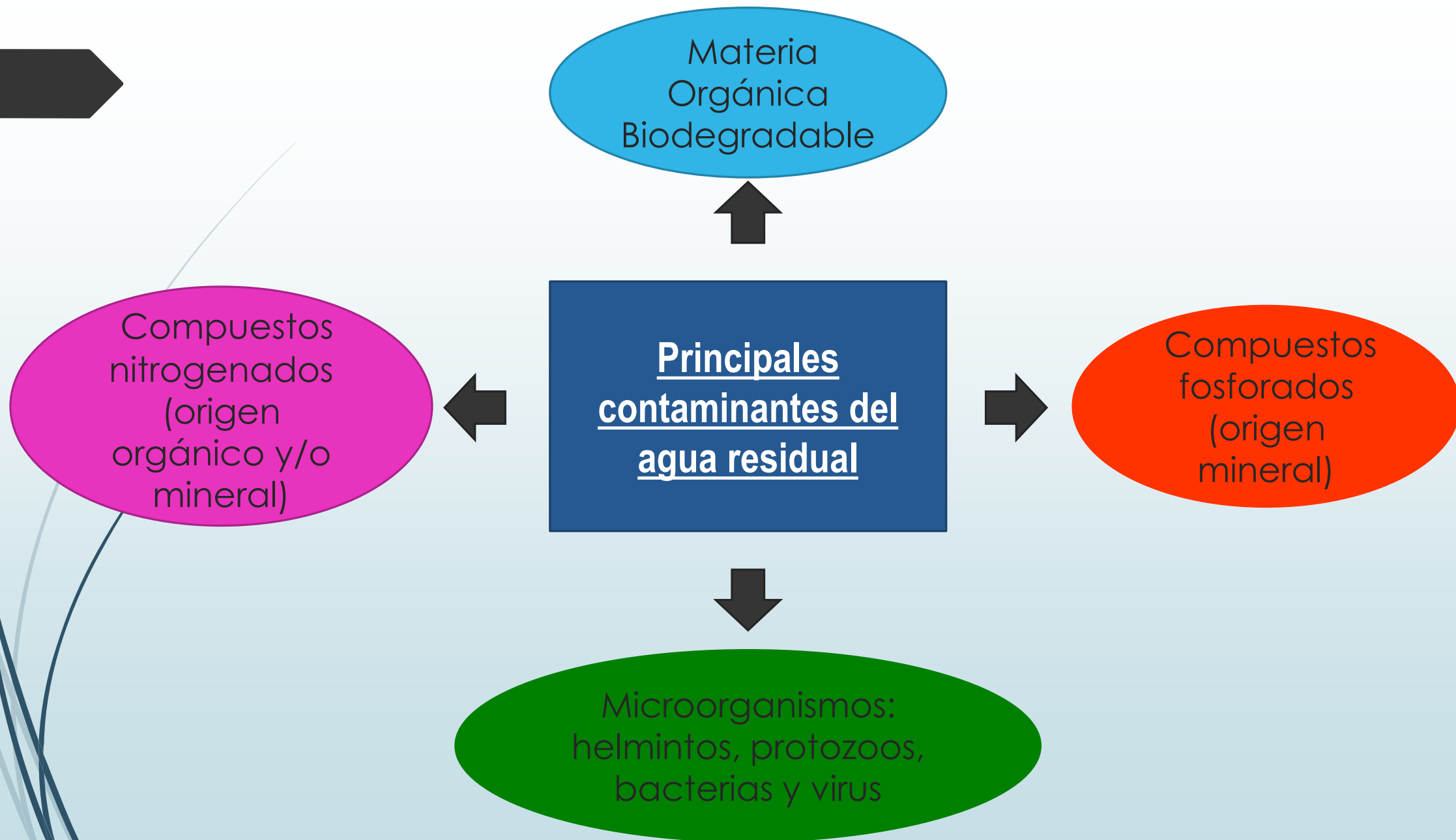
La materia mineral proviene de los subproductos desechados durante la vida cotidiana y de la calidad de las aguas de abastecimiento. La materia orgánica proviene exclusivamente de la actividad humana y está compuesta por materia carbonácea, proteínas y grasas.

COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las proteínas constituyen del 40 al 50% de la materia orgánica y proporcionan la mayor parte de los nutrientes bacterianos.

Aproximadamente un 50-60% de las proteínas se encuentran disueltas en las aguas residuales y un 20-30% en la fracción sedimentable.

La materia carbonácea está representada por hidratos de carbono y que a su vez están constituidos por los almidones, azúcares y celulosa, los dos primeros son fácilmente degradables.



Características de aguas residuales y origen

Características	Origen
Características Físicas Sólidos Temperatura Color Olor	Suministro de agua, residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Descomposición de residuos líquidos
Características Químicas Orgánicos Proteínas Carbohidratos Aceites y grasas Tensoactivos Fenoles Pesticidas	Residuos comerciales y domésticos Residuos comerciales y domésticos Residuos comerciales, industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales Residuos agrícolas

Características de aguas residuales y origen

Características	Origen
Inorgánicos	
pH	Residuos industriales
Cloruros	Suministro de agua, residuos industriales e infiltraciones
Nitrógeno	Residuos agrícolas y domésticos
Fósforo	Residuos agrícolas, industriales y domésticos
Azufre	Suministro de agua y residuos industriales
Tóxicos	Residuos industriales
Metales pesados	Residuos industriales
Gases	
Oxígeno	Suministro de agua e infiltraciones
Hidrógeno sulfurado	Residuos domésticos
Metano	Residuos domésticos

Características de aguas residuales y origen

Características	Origen
Biológicas	
Virus	Residuos domésticos
Bacterias	Residuos domésticos
Protozoarios	Residuos domésticos
Nematodos	Residuos domésticos



DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición en condiciones aerobias.

Es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales y residuales dependen de la actividad física, química y bioquímica del sistema de aguas. El análisis de OD es una prueba clave en la contaminación de aguas residuales.

Aplicaciones

Se usa para determinar el poder contaminante de los residuos domésticos e industriales, en términos de la cantidad de oxígeno que requieren si son descargados a las corrientes naturales de agua

Para realizar estudios que evalúan la capacidad de purificación de cuerpos de aguas receptores.

Dimensionar las instalaciones de tratamiento de agua residual

Método de análisis

1

Winkler o
Yodométrico



Procedimiento
titulométrico basado en
la propiedad oxidante
del OD

2

Electrométrico
(electrodos de
membranas)



Se basa en la tasa de
difusión del oxígeno
molecular a través de
una membrana

Consideraciones de análisis

Agua Potable

Debe tomarse un mínimo de 1 L de muestra en un envase de polietileno o vidrio.



NOTA:

No se agrega ningún preservador a las muestras. Solo deben conservarse a 4°C hasta su análisis. El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 24 h.



Aguas Residuales

($\text{DBO}_5 > 50 \text{ mg/L}$) deben tomarse mínimo 100 mL.

Proceso en el Laboratorio

Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica de los compuestos orgánicos degradables existentes en el líquido residual

Temperatura: 20 °C

Duración: 5 días



OD = 7 mg/l

DIA = 0



OD = 3 mg/l

DIA = 5

$$\text{DBO}_{5}^{20\text{C}} = 7 - 3 = 4 \text{ mg/l}$$

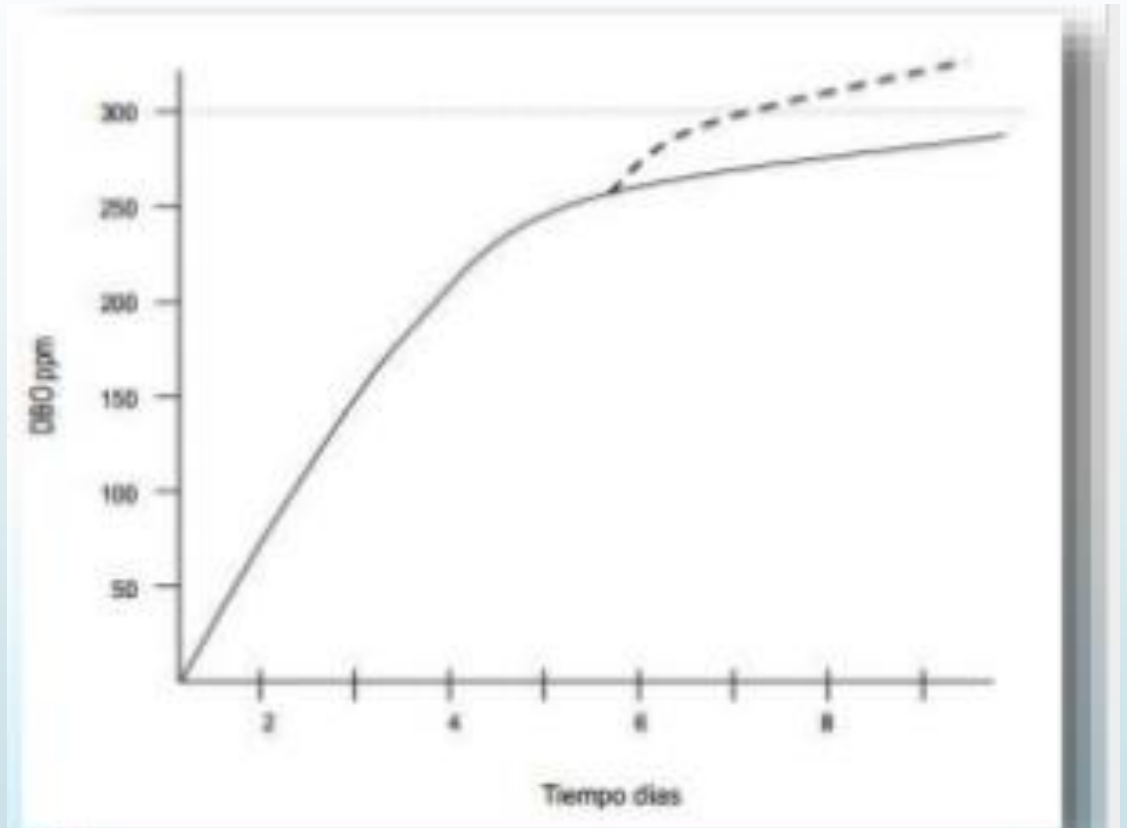
Proceso para determinar la DBO_5



¿Por qué se registra la lectura de DBO después de 5 días de incubación?

Porque después de este periodo ocurre la nitrificación

La nitrificación requiere de oxígeno, por lo que la disminución de oxígeno disuelto o incremento de DBO, ya no se debe a la oxidación del carbono orgánico que es lo que se desea medir en este tipo de prueba



Proceso de nitrificación en la digestión del material orgánico

Relación entre DBO_5 y DQO

Son los parámetros más importantes en la caracterización de las aguas residuales

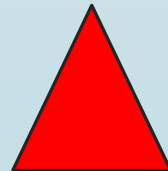
La DQO es una prueba que solo toma alrededor de tres horas

Desde luego, la muestra de agua deberá provenir siempre del mismo origen

La DBO consiste de un proceso biológico

Desventaja de la DQO que se requiere de mucho tiempo para el término del análisis

Es posible para el agua superficial o residual correlacionar su valor de DBO y DQO





Relación de la DBO con respecto al tiempo

Tiempo	% Oxidación de Materia Orgánica
5 días	60-70
20 días	95-99

Método directo con electrodo

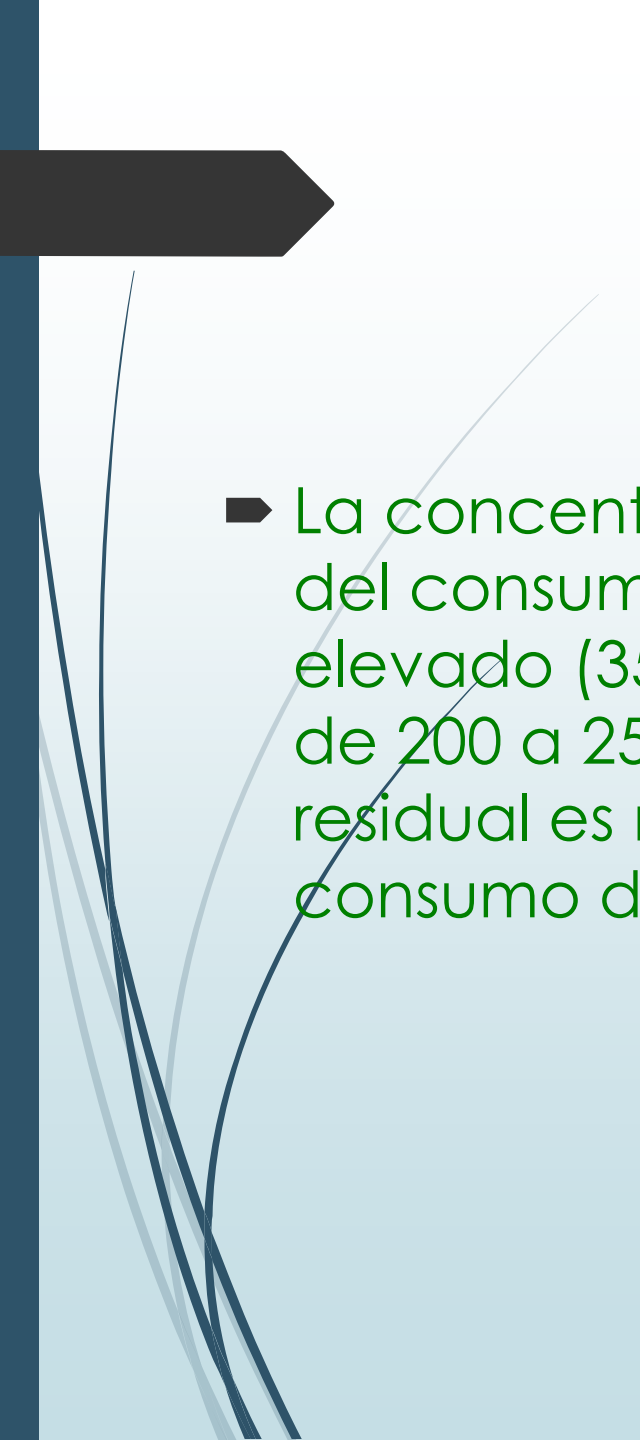
1. Se ajusta la muestra a 20°C y airearla por difusión hasta saturarla

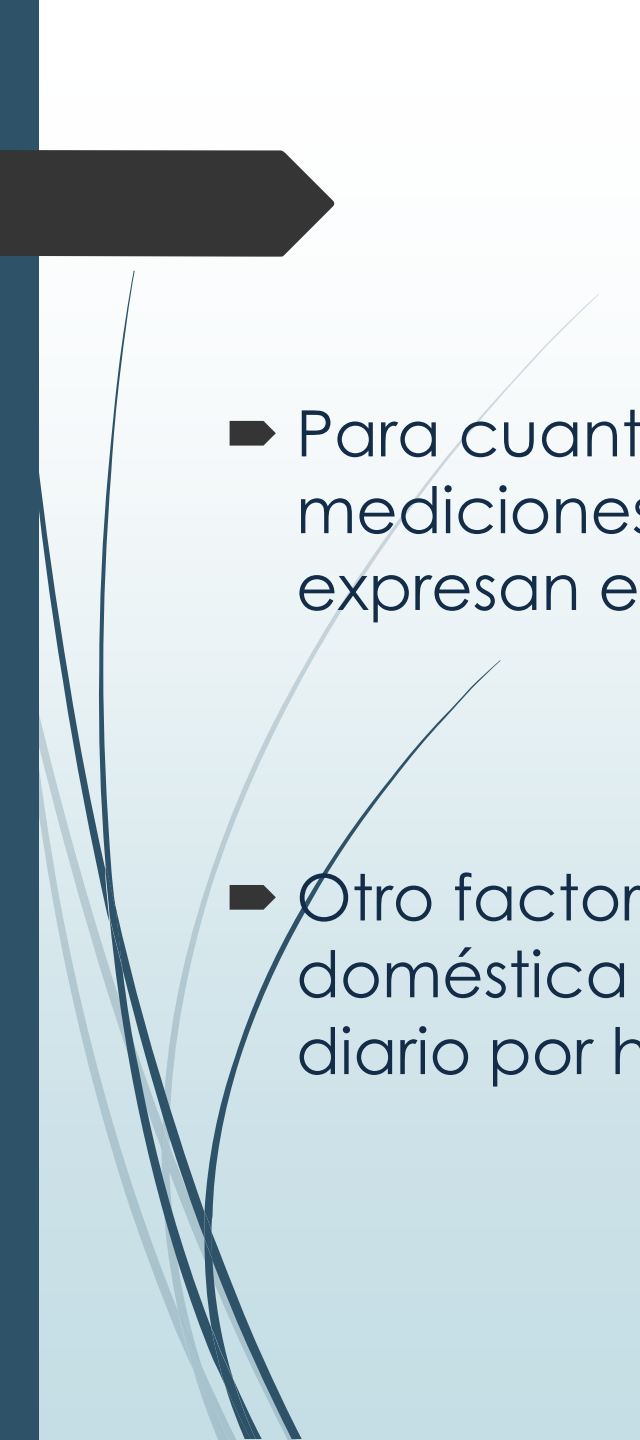
2. Se llenan varios recipientes con la muestra y se analizan tres muestras inmediatamente de OD

3. El resto de las muestras se incuban por cinco días a 20°C

4. A los cinco días se determina el OD de las muestras y se calcula la DBO_5



- 
- La concentración del agua residual de una población depende del consumo de agua. En Estados Unidos, donde el consumo es elevado (350 a 400 l/d/h) el agua residual es diluida (la DBO varía de 200 a 250 mg/l), mientras que en países en desarrollo el agua residual es más concentrada (la DBO varía de 400 a 700 mg/l) y el consumo de agua es más bajo (40 a 100 l/h/d).

- 
- Para cuantificar la masa de materia orgánica se utilizan las mediciones de DBO y de DQO. En general estos dos indicadores se expresan en mg/l o g/m³.
 - Otro factor que determina la concentración del agua residual doméstica es la DBO (cantidad de residuo orgánico) producida a diario por habitante.

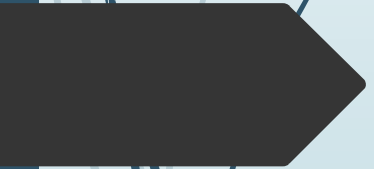
Análisis típico del agua residual municipal

Constituyente	Concentración, mg/l *		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, totales:	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos totales	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables, ml/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días a 20° C (DBO ₅)	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno (total como N):	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo (total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	200	100	50
Grasas	150	100	50

* A menos que se especifique otra.

Fuente: Metcalf & Eddy, Inc.

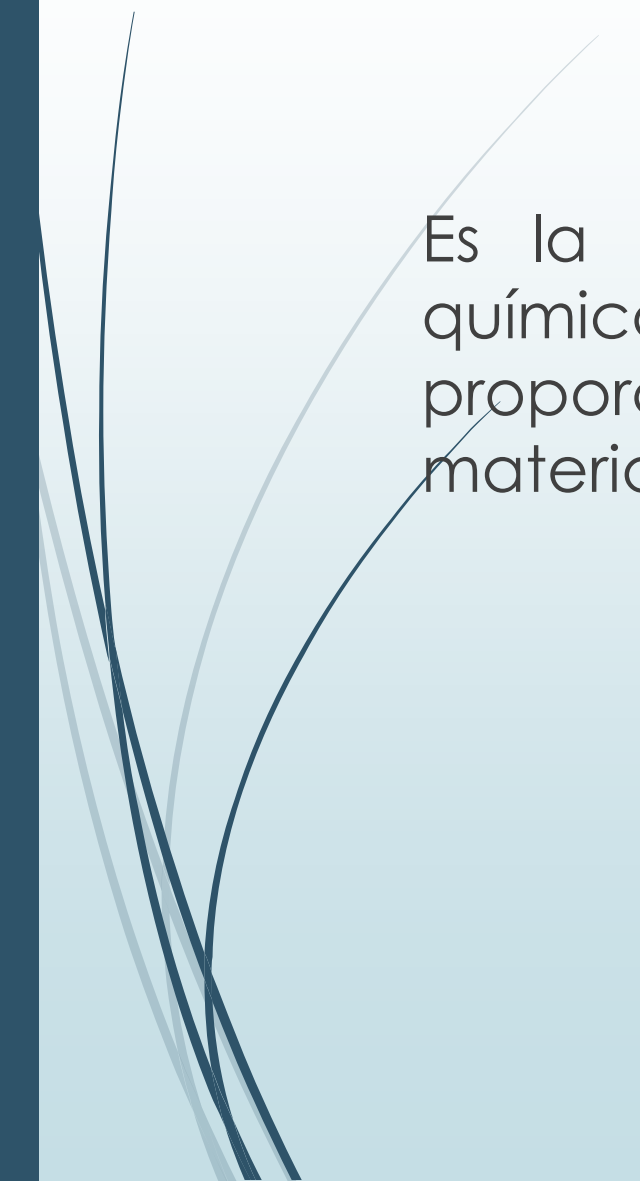
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)





Demanda Química de Oxígeno


Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica. Esta prueba proporciona un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual.





Procedimiento:

Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO_5 por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO_5 . Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.



La relación DQO/DBO5 proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales.


Contenido de nutrientes (nitrógeno [N] y fósforo [P]): Estos compuestos, conjuntamente con la materia carbonácea o DBO5 indican si las aguas residuales tienen la adecuada proporción de nutrientes como para facilitar la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales.



Contaminantes

Contaminantes del agua residual

- **Oxígeno Disuelto:** Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.
- **Fósforo Total:** El fósforo como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización.

- 
- **Aniones:** Cloruros (indican contaminación agrícola), Nitratos y Fosfatos (indican fertilizantes y detergentes) etc.
 - **Cationes:** Sodio (indica salinidad), amonio (contaminación con fertilizantes y heces) entre otros.




FÓSFORO TOTAL



Fósforo Total


En las aguas residuales, se encuentra presente el fósforo en forma de polifosfatos, ortofosfatos y otras formas orgánicas.

Este elemento es un nutriente utilizado por los microorganismos para el transporte de energía y síntesis celular. Debido a ello, entre el 10% y 30% del fósforo es eliminado durante el tratamiento biológico



La remoción de fósforo del agua residual tiene gran interés a nivel mundial debido a la eutrofización que causa este nutriente presente en el agua residual tratada descargada en los cuerpos de agua.

Estas descargas ponen en riesgo la vida de los ecosistemas acuáticos por lo que la normatividad a nivel mundial exige la remoción de este elemento.



Aunque en México esto último aún no ocurre, las tendencias globales indican que en un futuro las normas tendrán que modificarse y ser más exigentes en este ámbito. Pese a que hoy en día existen conocimientos muy avanzados en materia de remoción biológica del fósforo.

NITRÓGENO



Nitrógeno

- Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización.
- El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas.
- En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.

Nitratos

- Los Nitratos no se pueden eliminar totalmente dentro del proceso de purificación.
- Se manifiesta con las primeras lluvias y no aparecen hasta que se tiene una contaminación reciente.
- Degradación de materia orgánica.

Nitritos

- Indican presencia de detergentes y fertilizantes

Nitrógeno Amoniacal

Compuesto	Origen	Efectos
<p>El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua, es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica.</p> <p>Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados.</p> <p>En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio, dependiendo del pH.</p> <p>Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Aguas residuales industriales (fábricas de gas, hielo, etc)- Aguas de lluvia, tras un periodo de sequía, en zonas industriales.- Aguas residuales agrícolas (excrementos de animales, basuras, fertilizantes).- En ciertas aguas con hierro que pueden reducir los iones nitrato.- Descomposición de productos nitrogenados orgánicos en el suelo.- Putrefacción de plantas.	<ul style="list-style-type: none">- Sabor desagradable.- Dificulta la cloración.- Altera el cobre de las conducciones por formación de complejos solubles.- Da colores extraños al agua por formación de complejos.

Gracias por su atención



Bibliografía

- APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 17ª edición, 1989.
- Carrasquero F. S. José, Ricón L.N. Coromoto, Díaz-Montiel A. Rosa, Pire S. Ma. Carolina. Monitoring of Biological Nitrogen Removal in Tannery Wastewater Using a Sequencing Batch Reactor. Rev. Ingeniería de Investigación y Tecnología Vol. XV. No. 2, 287-298 2014.
- Metcalf & Eddy Inc., George Tchobanoglous. **Waste Water Engineering Treatment and Reuse.** 4th Edition. Mc. Graw Hill. 2002